DOI: 10.5846/stxb201609211902

刘富强,吴涛,蒋国俊,Xuelian Meng,童丽颖,张勇,索安宁,朱丽东.海岸线与海岸景观格局对人为干扰度的动态响应——以营口市南部海岸为例.生态学报,2017,37(22):7427-7437.

Liu F Q,Wu T,Jiang G J, Xuelian Meng,Tong L Y,Zhang Y,Suo A N,Zhu L D.Dynamic response of the coastline and coastal landscape patterns to Hemeroby: A case study along the south coast of Yingkou.Acta Ecologica Sinica,2017,37(22):7427-7437.

海岸线与海岸景观格局对人为干扰度的动态响应
——以营口市南部海岸为例

刘富强[1],吴 涛[1,2,*],蒋国俊[1],Xuelian Meng[2],童丽颖[1],张 勇[1],索安宁[3],朱丽东[1]

1 浙江师范大学 地理与环境科学学院, 金华 321004

2 Louisiana State University,College of Humanities & Social Sciences, Baton Rouge, USA,70803

3 国家海洋环境监测中心,大连 116023

摘要:利用多期遥感数据,提取营口南部海岸五期岸线变化信息、分维值,并利用 Arcgis10.2 中渔网工具创建评价单元。计算景观格局指数,构建人为干扰强度指标,并进一步探讨岸线变化和景观格局变化对人类活动的动态响应。结果表明:(1)研究区围垦导致岸线长度增长、岸线分形维数的增大,1990—2015 年四个时段中岸线年增长速率为 0.52%、0.53%、4.98%和 0.96%;(2)景观格局指数反映 2005 年之前景观边界、形状复杂程度与破碎程度有所增加;2005 年之后景观形状趋于规则化、土地利用趋于均衡化;(3)研究期间强干扰和弱干扰区域面积均有所增加,中等干扰强度区域面积减小;(4)斑块密度、总边缘长度、边缘密度、景观形状指数和平均分维值均与平均干扰强度指数变化同步。Shannon 多样性指数与人为干扰强度变化呈反相关;(5)岸线长度变化和岸线分形维数变化都与人类干扰度呈反相关,相关性分别为-0.97 和-0.98。

关键词:景观格局指数;人为干扰度;分形维数;岸线变化

Dynamic response of the coastline and coastal landscape patterns to Hemeroby: A case study along the south coast of Yingkou

LIU Fuqiang[1], WU Tao[1,2,*], JIANG Guojun[1], Xuelian Meng[2], TONG Liying[1], ZHANG Yong[1], SUO Anning[3], Zhu Lidong[1]

1 *College of Geography and Environmental Science, Zhejiang Normal University, Jinhua* 321004 *China*

2 *Louisiana State University, College of Humanities & Social Sciences, Baton Rouge, USA*,70803

3 *National Marine Environmental Monitoring Center, Dalian* 116023, *China*

Abstract: Multi-temporal remote sensing data were used to extract coastline change information and calculate fractal dimensions from 1990 to 2015 for the south coast of Yingkou. Fishnet tools in Arcgis10.2 were used to create the analysis units. This study explored the dynamic response of the coastline and coastal landscape patterns to Hemeroby along the south coast of Yingkou using landscape pattern and Hemeroby indexes. The results showed that (1) Reclamation increased the shoreline and coastline fractal dimensions. Shoreline annual growth rate were 0.52% (1990—2000), 0.53% (2000—2005), 4.98% (2005—2010), and 0.96% (2010—2015); (2) The landscape pattern index reflected the landscape boundary, complexity, and fragmentation of the landscape, which increased prior to 2005, but exhibited a decreasing trend thereafter. (3) During the study period, the areas of low and high Hemeroby increased, whereas the area of moderate intensity decreased. (4) Synchronous changes occurred in Patch Density, Edge Density, Total Edge, Landscape Shape

基金项目:国家自然科学基金项目(41376120, KYZ04Y15098)

收稿日期:2016-09-21; **网络出版日期**:2017-07-12

* 通讯作者 Corresponding author.E-mail: 121295149@ qq.com

Index, Mean Fractal Dimension and the Hemeroby Index. The Shannon diversity index was inversely related to human disturbance intensity. (5) The change in shoreline length and shoreline fractal dimensions was negatively correlated with the degree of human disturbance, with correlation coefficients of −0.97 and −0.98, respectively. This indicated that the weaker human activity was, the longer and more complex the shoreline became.

Key Words: landscape pattern index; Hemeroby; fractal dimension; shoreline change

海岸带地区是海洋与陆地相互作用形成的独特生态过渡带[1-2]。具有复杂的生态系统结构,多样的功能,在防灾减灾、调节气候、维持生物多样性和区域生态安全等方面发挥着及其重要的作用,是沿海地区经济社会可持续发展的重要生态保障[3]。同时,海岸带地区又是人类活动影响最密集,强度最大的地区之一。近年来,我国沿海地区经济发展和沿海城市人口快速增长,海岸带地区人地矛盾日益突出,生态系统完整性受到严重的威胁[4-5]。

人为干扰与景观格局变化响应机理分析已成为地理学与景观生态学研究领域的国际热点,被广泛地应用于农业、林业、环境以及城市等诸多领域的生态评价研究[6-10]。本文以营口南部海岸带为研究对象,通过分析不同时期人类地表活动过程及其干扰强度对海岸线及海岸带景观类型演化的响应机制分析,希翼对深入理解海岸带人为干扰过程及景观变迁响应有所裨益,为我国海岸带开发及其保护规划提供科学借鉴。

1 研究区域概况

营口市南部海岸(122°5′—122°25′E,40°25′—40°40′N)位于辽东湾顶部,大辽河入海口以南,营口市区渤海大街至盖州团山基岩海岸之间,区域总面积 300 km^2。该区域原为平坦开阔的辽东湾淤泥质滩涂湿地,1950年代的在全国围海晒盐热潮下,淤泥质滩涂被围海建造盐田,发展海水晒盐产业。20 世纪末海盐业发展缓慢,沿海部分水交换通畅的盐田、滩涂被划分改造成鱼、虾等水产养殖池塘,形成盐田-养殖池塘复合景观格局。新世纪以来,随着辽宁沿海经济带发展战略规划的提出与实施,大片低产盐田被回填成为营口市城市规模扩展、沿海产业基地建设的拓展空间,海岸景观转变为工业城镇-盐田-围海养殖复合景观格局。

2 数据来源与研究方法

2.1 数据获取与处理

本文收集到能够完全覆盖研究区域且影像质量较好的 5 期卫星遥感影像,各期卫星遥感影像数据源参数见表 1。

表 1 本文采用的各期卫星遥感影像参数

Table 1 Parametric of satellite remote sensing images in the study

序号 No.	数据资料 Data	轨道 Track number	获取时期 Acquisition time	分辨率/m Resolution
1	Landsat TM	51/40	Aug./1990	28.5
2	Landsat ETM	120/32	Jul./2000	28.5
3	Spot5	292/268	Aug./2005	5.0
4	Spot5	292/268	Sep./2010	5.0
5	GaoFen1	ZY2108	Jun./2015	2.0

在研究区域内均匀布设并测量地面控制点 25 个,利用 ERDAS IMAGE9.2 对各期卫星遥感影像进行精校正,校正方法参考相关文献[11]。利用精校正好的高分一号卫星遥感影像和 SPOT5 卫星遥感影像对比检查其他精校正影像的校正效果。在现场踏勘基础上,将研究区域景观类型划分为盐田、养殖池塘、建设地、道路、堤坝、农田、草地、湖泊、湿地、取排、荒草地、芦苇湿地、水口共 13 种景观类型,并建立每种景观类型的遥感影像

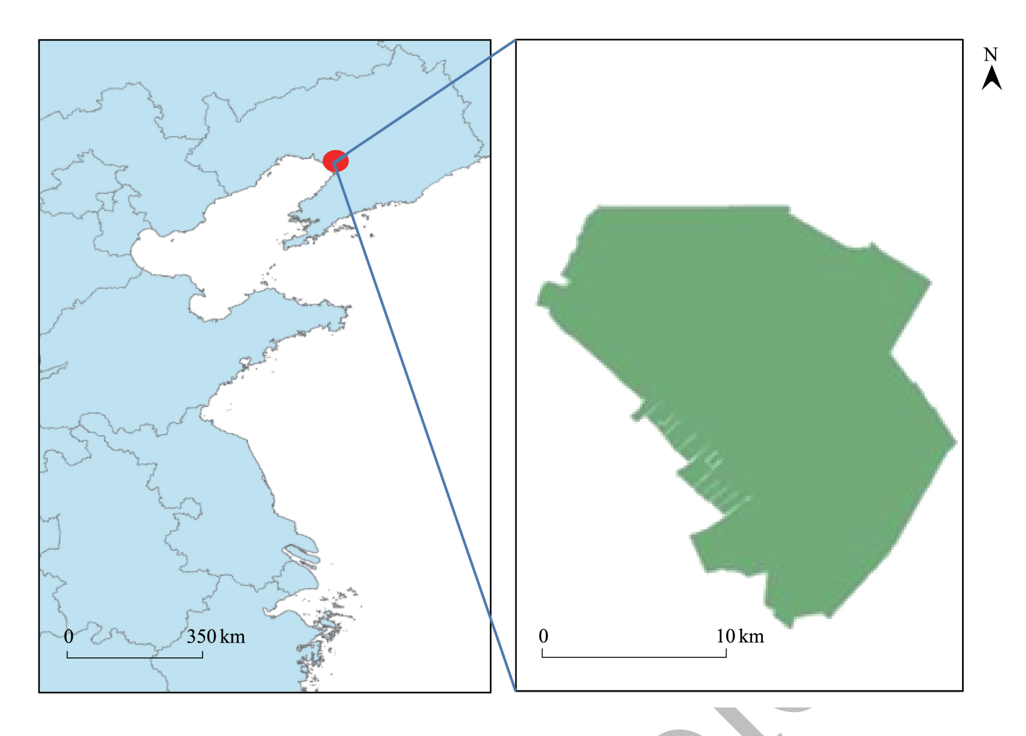


图 1　研究区范围示意图

Fig.1　Schematic diagram of study

特征库,各景观类型描述见表 2。以遥感影像特征库为基础,在 ArcGIS10.0 软件支持下,首先对 2005 年采集的 SPOT5 卫星遥感影像和 2015 年采集的高分一号遥感影像进行人机交互式判读[12],目视解译得到 2005 年和 2015 年研究区景观格局矢量数据。然后以 2005 年研究区景观格局矢量数据为基础,叠加 1990 年和 2000 年卫星遥感影像,根据遥感影像信息,目视解译修改成 1990 年和 2000 年研究区景观格局矢量数据;以2015年研究区景观格局矢量数据为基础,叠加2010年卫星遥感影像,根据遥感影像信息,目视

表 2　海岸景观类型分类描述与影像特征

Table 2　Coastal landscape types describe and image characteristics

编号 No.	景观类型 Landscape Type	类型描述 Type discription	影像特征 Image feature
01	盐田	用于滩涂海水晒盐的围堰池塘	大小依次有序排列的矩形围塘区域
02	养殖池塘	用于滩涂水产养殖的围堰池塘	形状相近并列排列的矩形围塘区域
03	堤坝	用于分割形成养殖池塘和盐池的土石质堤坝	呈网格状分割围堰水域的条带状区域
04	取排水口	用于海水养殖池塘、盐池汲取海水、排出废水的水域通道及泄洪、径流通道	分布于盐池和养殖池塘镶嵌体中,且与海域联通的条带状水域空间
05	湿地	长期处于积水或半积水状态的低洼滩地	呈灰褐色或绿色的低洼坑地及废气围塘区域
06	芦苇湿地	长期处于积水或半积水状态的芦苇滩地	分布在滩涂上的绿色植被
07	湖泊	地表相对封闭且蓄水的天然或人工洼地	处于建设地区域被草地围绕且具有相对规则边缘的水域
08	草地	覆盖自然和人工草本植被的区域	呈浅绿色的规则或不规则陆地斑块区域
09	荒草地	树木郁闭度小于 10%、表层为土质且生长杂草	浅绿色与土黄色相间分布有地面裸露的区域
10	建设地	用于开发居住区、商业区和工业区等建设土地	处于被道路纵横交错分割形成的具有明显建筑物密集分布的矩形陆地区域
11	道路	用于交通通行的各类铁路、公路、乡村道路	呈网格状或条带状连接各个建设地、养殖池塘区、盐池区的灰褐或灰亮条带状区域
12	农田	用于农业种植的各类耕地和园地	具有镶嵌分布的耕地斑块或种植设施斑块区域
13	绿地	城区或居住区人工草地	镶嵌在城市居民区建筑周边的规则斑块区域

解译修改成 2010 年研究区景观格局矢量数据。采用现场 GPS 验证点,对遥感影像解译的各期数据景观斑块类型进行精度评价,计算得出 1990 年、2000 年、2005 年、2010 年和 2015 年遥感影像整体解译精度分别为 95%、96%、99%、98%和 100%。

2.2 研究方法

2.2.1 评价单元构建

将营口南部海岸的五期(1990 年、2000 年、2005 年、2010 年和 2015 年)矢量数据添加到 Arcmap10.2 中,以研究区域作为底图,利用 ArcGIS10.2 数据管理模块下的创建渔网工具,构建以研究区为范围的 800 m×800 m 网格,每个网格作为一个评价单元。

2.2.2 人为干扰度计算

采用干扰度 7 分制的分级标准如表 3 所示。该标准经过前人大量的实证和改进[13-15],对比其它相关分级标准,该标准以遥感数据和土地分类系统为基础,更具有可操作性和可对比性。

表 3 干扰强度等级及说明[13-15]

Table 3 Degreen of hemeroby level and description[13-15]

干扰强度 Hemeroby	覆被类型说明 Cover type discription	干扰强度 Hemeroby	覆被类型说明 Cover type discription
1 几乎不受人为影响 Ahemerobic	裸露的岩石冰川和永久积雪	5 较强的人为影响 α- euhemerobbic	体育休闲设施/非灌溉耕地/葡萄园/水果种植园/复合栽培
2 微弱的人为影响 Oligohemerobic	针叶林/混交林/海滩、沙丘、沙滩/内陆沼泽/泥潭沼泽/盐地沼泽/潮间带/沿海泻湖/河口/海与洋	6 非常强的人为影响 Polyhemerobic	不连续的城市区/矿区/垃圾场/施工地
3 中度的人为影响 Mesohemerobic	人工针叶林/人工混交林/天然草地/沼泽和荒野/林地灌丛/植被稀疏区/焚烧地区	7 过分强度的人为影响,生物群落已破坏 Metahemerobic	连续的城市区/工业或商业区/公路与铁路线及其附属物/港口/机场
4 中偏强度的人为影响 β-euhemerobic	城市绿地/牧场/种植农用地/河道/水体		

参考前人研究成果,给出干扰指数的计算方法,如公式 3

$$M = \sum_{i=1}^{n} fn \cdot h \tag{1}$$

式中,M 为干扰指数,n 为干扰度等级($n=7$),h 为干扰度,f_n 为干扰度等级为 h 的用地类型面积比值。计算每个评价单元的干扰指数,并将计算结果作为网格中心点值,在 ArcGIS 空间分析模块中,进行栅格差值,生成营口南部海南人类活动干扰度时空分布图。

2.2.3 分形维数计算

利用网格法计算岸线分形维数,计算公式如(2)所示:

$$N(r) = r^{-D} \tag{2}$$

当网格长度 r 取不同值时,$N(r)$ 也对应不同的值。然后在双对数坐标轴中以 r 为横轴,$\ln N(r)$ 为纵轴作散点图,然后对点做回归分析可以得到公式(3):

$$\ln N(r) = -D\ln r + \ln C \tag{3}$$

式中 C 为待定常数,D 即为被测海岸线的分形维数。采用不同的 r 值和对应的 $N(r)$ 值,通过拟合分析即可得到分形维数 D (r 的取值分别为 50、100、200、400、8000、1600、3200 m)。

得到岸线分形维数后,引进公式(4),计算分形维数的变化强度。

$$\mathrm{FCI}_{ij} = \frac{F_j - F_i}{j - i} \tag{4}$$

式中:FCI_{ij}为第 i 年至第 j 年岸线分形维数的变化强度;F_i为第 i 年海岸线的分形维数;F_j为第 j 年海岸线分形维数。

2.2.4　岸线长度变化强度

为了客观对比各个时段海岸线长度变化速度的时空差异,采用某一段时段内海岸线长度的平均变化百分比来表示海岸线的变化强度[16]。

$$LCI_{ij} = \frac{L_j - L_i}{j - i} \tag{5}$$

式中:LCI_{ij}为第 i 年至第 j 年海岸线长度变化强度(Length Change Intensity);L_i为第 i 年海岸线的长度;L_j为第 j 年海岸线长度。

2.2.5　景观格局指数计算

景观格局指数在景观生态学研究中被广泛应用[17-18]。本文根据研究区域景观分布特征、研究目的、研究内容以及景观格局指数的生态学意义,在类型、斑块及景观水平尺度上选取 7 个景观格局指数,分别为景观面积(TA)、Shannon 多样性指数(SHDI)、斑块密度(PD)、边缘密度(ED)、景观形状指数(LSI)、平均分维数(FRAC_MN)、总边缘长度(TE)。在 fragstats 软件中进行相关计算。

3　结果分析

3.1　岸线长度及分形维数变化

自 1990—2015 年,营口南部海岸岸线长度逐年递增,从 1990 年的 41.7 km,增长到 2000 年的 43.86 km,2005 年的 46.17 km,2010 年的 69.15 km,最后 2015 年达到了 75.8 km(图 2、图 3)。其中 1990—2000 年间,岸线年增长速率为 0.52%,2000—2005 年间岸线年增长速率为 0.53%,2005—2010 年间,岸线年增长速率突然增大到 4.98%,2010—2015 年间,岸线年增长速率降低为 0.96%。岸线长度的变化导致了岸线分形维数的变化,根据公式 2,3 计算岸线分形维数值,从图 3 中看出,分形维数的变化趋势与岸线变化趋势保持一致,即随岸线的增长而增大。岸线长度与分形维数的相关系数为 0.93,而岸线变化强度与分形维数变化强度的相关系数为 0.99。

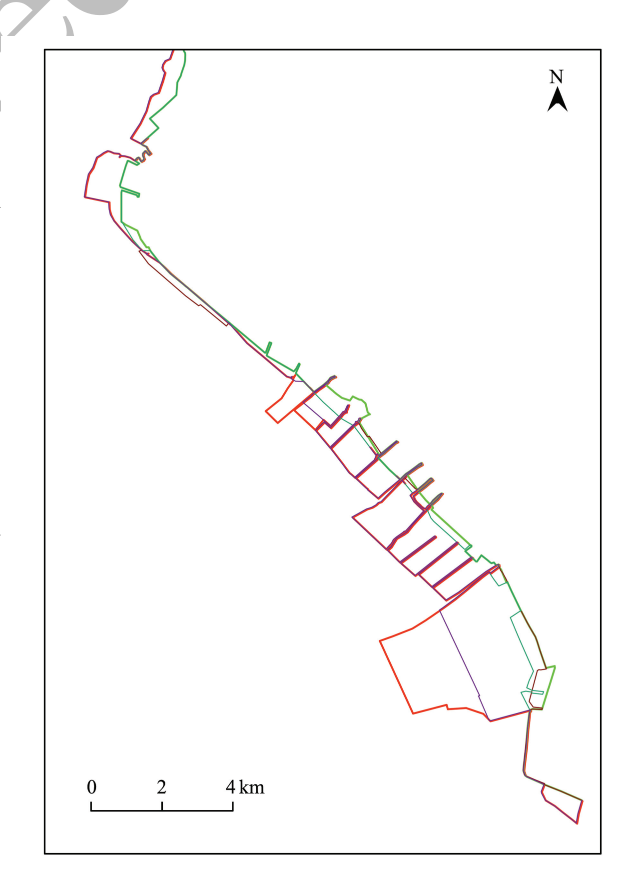


图 2　不同时期的岸线变化

Fig.2　The shoreline changes in different periods

3.2　海岸带景观格局指数变化

在 fragstats 软件中计算出整个研究区域 1990 年、2000 年、2005 年、2010 年以及 2015 年 7 个类型及景观水平尺度上的景观格局指数,分别为景观面积(TA)、Shannon 多样性指数(SHDI)、斑块密度(PD)、边缘密度(ED)、景观形状指数(LSI)、平均分维数(FRAC_MN)、总边缘长度(TE),计算结果如表 4 所示:

由表 4 分析可知,景观面积(TA)自 1990 年至 2015 年逐渐增大,而 2005 年至 2015 年此阶段增加速度最快,此种变化主要与营口南部海岸围垦面积增大有关。研究期间营口市南部海岸地区在研究期间斑块密度和边缘密度大体呈现出"低—高—低"的动态过程,表明从 1990 年到 2005 年期间,研究区域生态过程越来越活

跃,而 2005 年至 2015 年期间,研究区生态过程逐渐趋于稳定。而景观形状指数(LSI)与平均分形维数(FRAC_MN)也呈现出同样的变化趋势,说明从 1990 年至 2005 年期间,整体的景观边界形状复杂程度与破碎程度都有所增加,2005 年后变化相反,表明景观形状趋于规则化发展。Shannon 多样性指数(SHDI),SHDI 反映在研究期间,从 2005 年至 2010 年 SHDI 呈现出明显增大趋势,表明在此段时期内,土地利用类型在自然状态下增加且趋于均衡化分布。

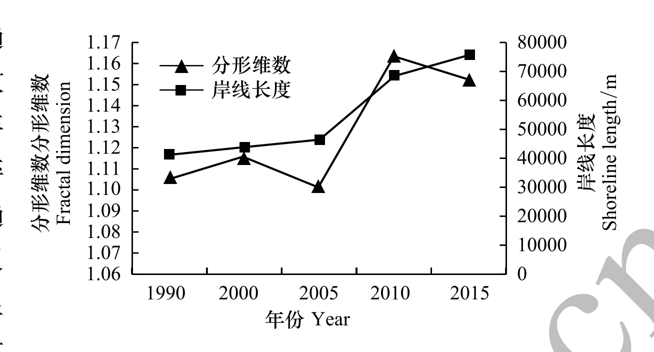


图 3 岸线长度与分形维数关系

Fig.3 The relationship between Coastline Length and fractal dimension

3.3 海岸带人为干扰指数变化

为进一步探索营口南部海岸带人为干扰度时空动态变化,在 ArcGIS10.2 中的渔网工具创建 800 m×800 m 的网格,每个网格作为一个评价单元,利用公式(1)计算出每个评价单元的干扰强度。并将计算结果作为网格中心点值,然后利用 ArcGIS 空间分析功能进行栅格插值,生成营口南部海南人类活动干扰度时空分布图如图 4 所示。

表 4 景观格局指数计算结果

Table 4 Calculation results of landscape pattern index

年份 Year	景观面积 TA	斑块密度 PD	总边缘长度 TE	边缘密度 ED	景观形状指数 LSI	平均分形维数 FRAC_MN	Shannon 多样性指数 SHDI
1990	27574.24	30.10	2276980	82.5763	36.0227	1.0852	1.217
2000	27758.20	2.9253	2089760	75.2844	33.1433	1.082	1.2124
2005	27941.21	3.0636	2371770	84.8843	37.3088	1.0866	1.2246
2010	29658.29	2.2624	1959300	66.0625	30.7329	1.0772	1.8928
2015	30239.15	1.9974	1765545	58.3861	27.7716	1.0742	1.8712

从整体变化看,研究区域北部地区,人为干扰度从 1990 年到 2015 年显著增强,并逐渐向南扩张,主要是因为城市化的发展,人类活动聚集地向南蔓延,大量原有的盐田和低洼坑塘转变为建筑用地和工业区。在研究区西部离海域较近的地区,自 1990 年到 2015 年人为干扰强度逐渐变弱,并且有从靠海较近向较远的内陆地区蔓延的趋势,原因在于围垦养殖加剧,出现大量养殖池塘,使得干扰强度数值降低。东部地区人为干扰强度在 1990 年到 2005 年期间变化并不明显,在 2005 年到 2015 年期间,朝着人为干扰强度较弱的方向发展,主要是由于大量的盐田变为了湿地和草地。

分别计算出研究区域 1990 年、2000 年、2005 年、2010 年以及 2015 年各干扰等级的面积变化,并结合实际将海岸带人为干扰强度划分为五个等级(低干扰强度:干扰等级≤3、中低干扰强度:3<干扰等级≤4、中干扰强度:4<干扰等级≤5、中高干扰强度:5<干扰等级≤6、高干扰强度:6<干扰等级≤7);通过分析(表 5)可以看出 1990 年到 2005 年间干扰等级为 2(湿地)的面积逐步减少,主要因为人类活动使得天然湿地的面积逐步缩小,2005 年到 2010 年间迅速增加,主要原因是人工湿地面积的大幅度增加,尤其是 2008 年营口市实施的五大工程之一的西炮台湿地公园的建立,也是东北地区最大的城市湿地公园,人工湖区和湖心岛及进入园区的林地面积达到 30 万平方米,芦苇荡面积 10 万平方米。而 2010 年至 2015 年间面积呈现下降趋势主要是因为研究区东部大面积的湿地转变为草地。干扰等级为 3 的区域面积在 1990 到 2000 年间完全消失,而在 2005 年到 2010 年迅速增加主要是研究区西北部大面积的盐田转变为荒草地,2010 年到 2015 年间增加主要是研究区东部大面积湿地转变为草地。干扰等级为 4 的区域面积在研究期间均呈上升趋势而干扰等级为 5 的面积呈下降趋势,主要原因是研究区域大量低效盐田转变为养殖池塘、建设用地、低洼坑塘等[19]。干扰等级为 6 的区域面积持续增加主要是因为城市化的扩张,使得建设用地面积增加。干扰等级为 7 的区域面积在研究

1990年　2000年　2005年

2010年　2015年

低干扰强度
中低干扰强度
中干扰强度
中高干扰强度
高干扰强度

图 4　研究区干扰强度变化

Fig.4　Heremoby variation

期间变化较小,主要为道路与堤坝。从整体变化来看,随着时间变化,干扰强度相对较弱区域的面积和相对较强区域的面积都有所增加,干扰强度较弱区域的面积增长更多,且 2005 年之前变化相对较小,而 2005 年之后变化较为强烈。

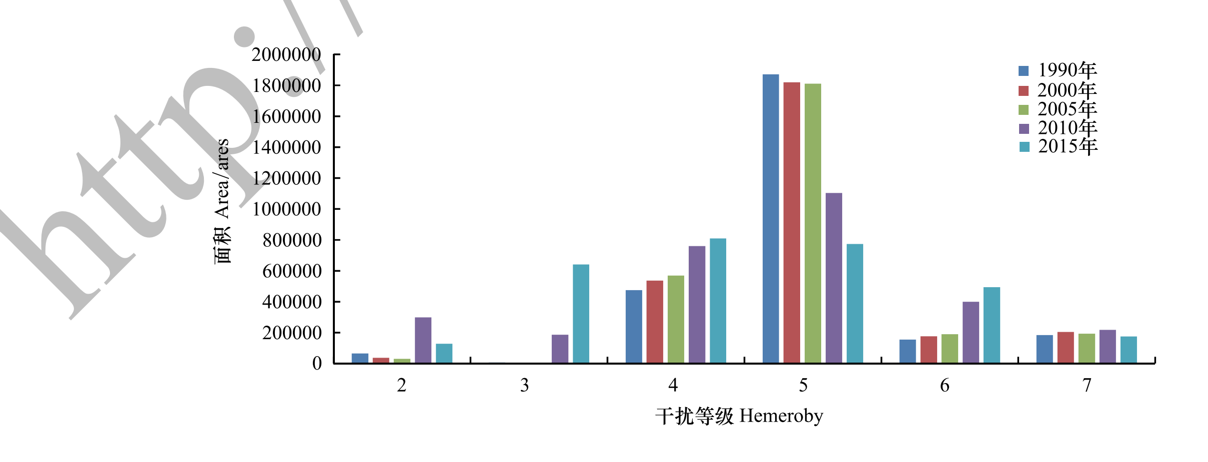


图 5　不同干扰等级的面积变化

Fig.5　Area variation of different disturbance levels

3.4 海岸带景观格局指数对人为干扰强度的动态响应

海岸带人为活动的不断加强,导致其景观空间结构、景观多样性和景观破碎度对人类活动做出不同程度的响应。从景观格局指数计算结果和干扰强度计算结果分析,可以看出景观格局指数反映出来的信息和干扰强度变化反映出的信息具有一定的同步性。为进一步研究景观格局指数对不同干扰强度的动态响应,计算出1900 年、2000 年、2005 年、2010 年以及 2015 年整个研究区域的平均干扰强度分别为 4.94、4.96、5.51、4.59 和 4.46。

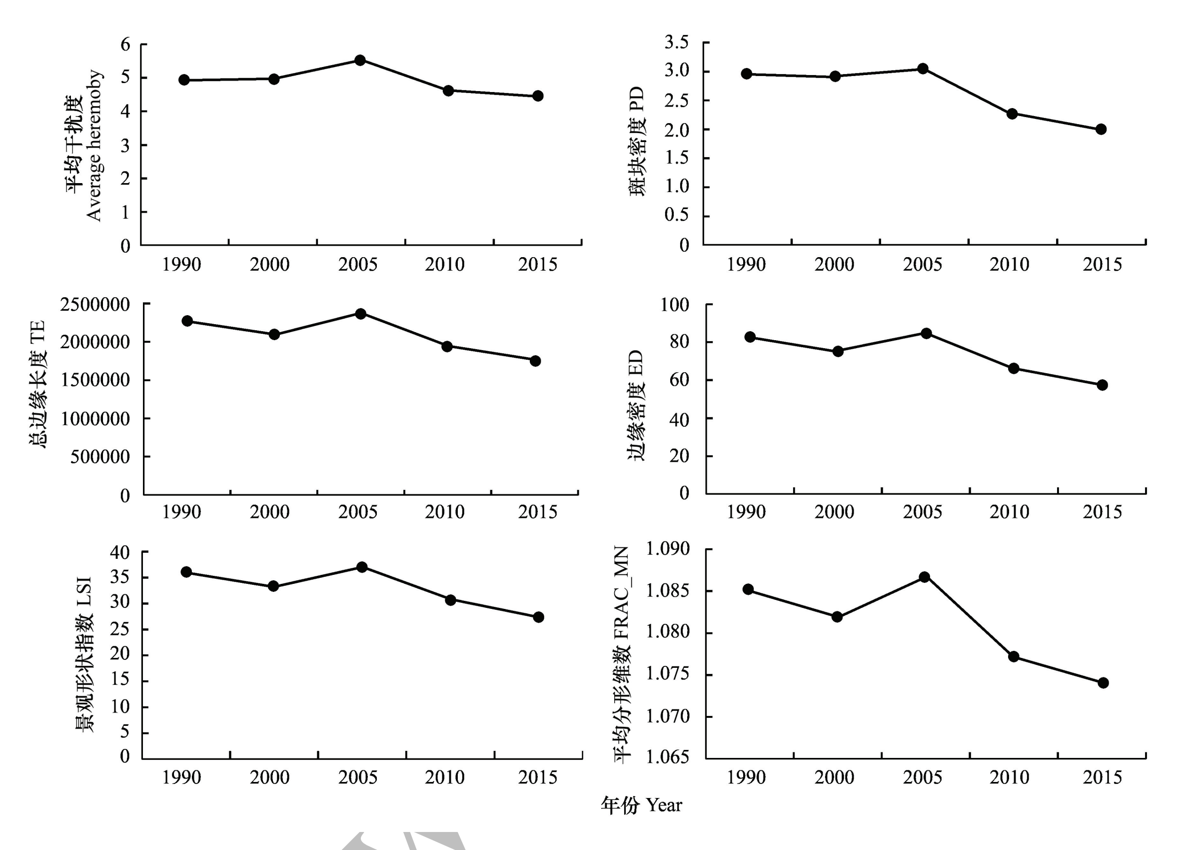


图 6 平均干扰强度与景观格局指数变化趋势

Fig.6 The dynamic tendency of landscape pattern index and average Heremoby

由图 6 可以明显看出,在研究期间景观格局指数斑块密度(PD)、总边缘长度(TE)、边缘密度(ED)、景观形状指数(LSI)和平均分维值(FRAC_MN)均与平均干扰强度指数拥有同步变化趋势,当人类活动在海岸带地区加强时,斑块密度(PD)、总边缘长度(TE)、边缘密度(ED)、景观形状指数(LSI)和平均分维值(FRAC_MN)也随之增大,而人类活动减弱时,这几个景观格局指数趋于减小。此结果与孙永光[20]对大洋河口景观格局对人为干扰动态响应研究结果基本一致,海岸带景观格局指数表明人类活动是影响区域景观格局变化的驱动力之一。表明人类活动从 1990 年至 2005 年间人类活动不断增强,生态过程较为活跃,景观边界形状复杂程度与破碎程度都有所增加,2005 年后变化相反,表明景观形状趋于规则化发展。2005 年为此段时期内人类活动最为强烈、生态最为活跃的一个年份。

选取景观格局指数中的 Shannon 多样性指数(SHDI)来进一步探讨景观格局指数与人为干扰度之间的关系,在研究区域选取了 30 个评价单元,选取原则为以岸线附近人类活动较强的区域为主,同时兼顾离海岸较远区域。通过计算每个评价单元的人为干扰强度和 Shannon 多样性指数,所得结果如图 7 所示,在选取的 30 个评价单元中 Shannon 多样性指标与人为干扰度指数大致呈现出反相关的特征,人为干扰强度越高,Shannon 多样性指数数值越小,图中矩形区域内的评价单元的 Shannon 多样性指数和人为干扰度指数都能够很好的一一对应。说明 Shannon 多样性指数可以较好的表征人类活动的方向与强弱。因此,同样可以说明人为干扰强

度变化也是影响景观格局变化的驱动因素之一。

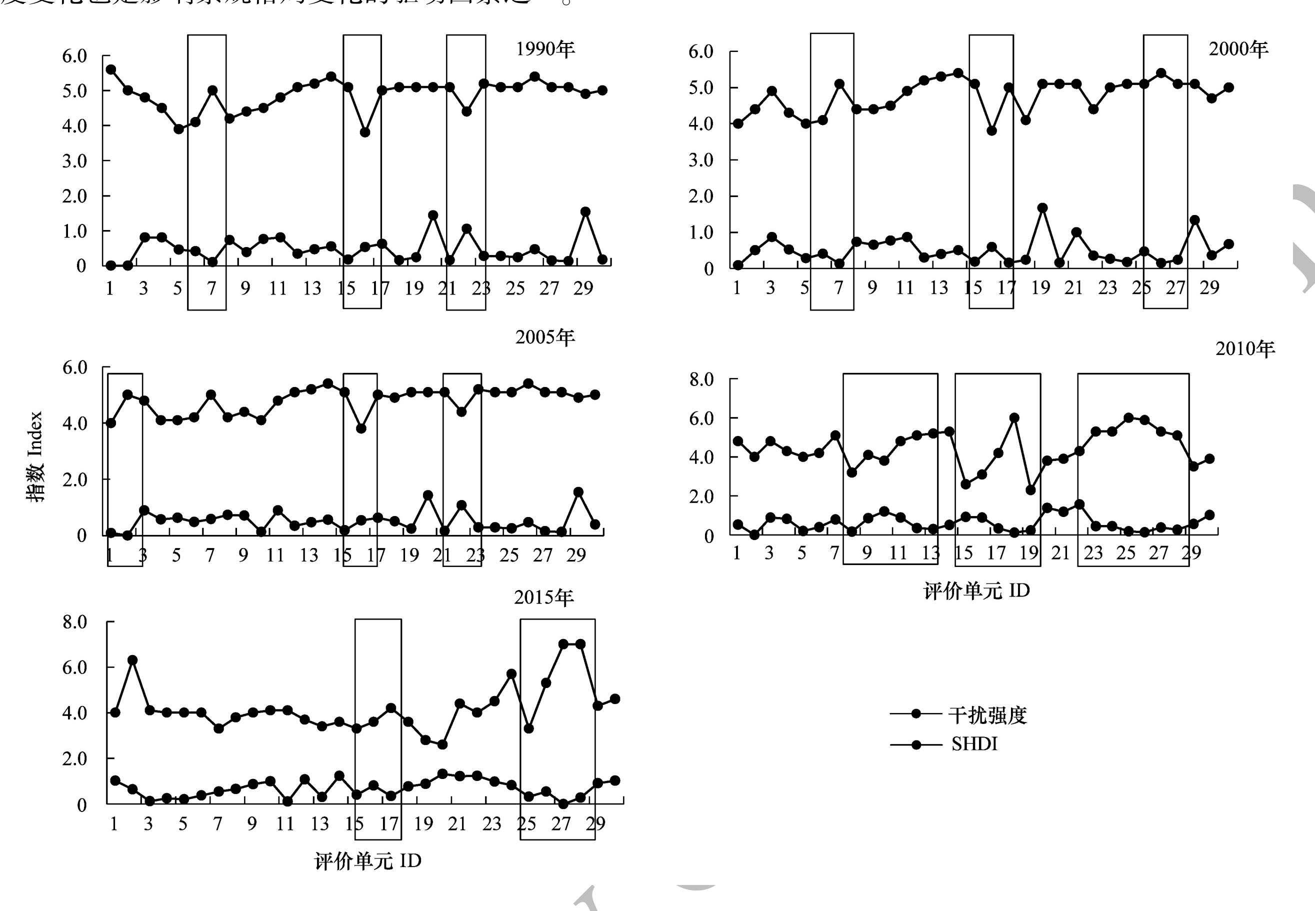


图 7　人为干扰度与 Shannon 多样性指数

Fig.7　Relationship between Heremoby and SHDI

3.5　人为干扰度对岸线变化的影响

营口南部海岸岸线增长的主要原因是沿海地区围海养殖用地的快速发展,导致岸线向海扩张。1990—2000 年共新增土地面积 252.9×10^4 m^2,其中围海养殖用地占用地比例的 74%,2000—2005 年间,新增土地面积约 180.6×10^4 m^2,围海养殖用地占 96%,2005—2010 年间新增土地面积约 1718×10^4 m^2,围海养殖用地占 85%,2010—2015 年间新增土地面积约 581×10^4 m^2,围海养殖用地占 99.98%(表 5),围垦面积变化与岸线长度变化速率和岸线分形维数变化强度保持一致。从表 5 中可以看出,围海养殖用地的快速发展导致岸线形态发生了剧烈改变,2005—2010 年为该地区岸线变化最为剧烈的时段,岸线年变化强度达到了 4.98%,而这一时段的围垦总面积占近 25 年来的 63%。同时通过研究发现,营口南部海岸围垦类型属于岸线增长型围垦,该类型围垦以某个区域为核心,不断向海凸,导致海岸线向外海延伸,岸线变长。该类型的人类围垦活动使岸线

表 5　不同时间段新增土地面积及其利用类型/m^2

Table 5　New land area and its utilization in different time periods

时间 Time	土地利用类型 Land use type										增面积 Increased area
	道路 Road	堤坝 Dam	荒草地 Grassland	建设地 Construction land	芦苇湿地 Reed land	绿地 Green land	湿地 Wetland	水口 Weir	盐田 Seltern	养殖池塘 Aquatics pond	
1990—2000	9278	58104	0	951	0	0	0	0	597303	1863246	2528883
2000—2005	0	0	0	0	0			64150	12	1741955	1806117
2005—2010	705394		891543	45136	13557	160286	716854	7747		14640345	17180861
2010—2015	105	0	0	0	0	0	0	324	217	5812802	5813447

形态由“简单”变为“复杂”。

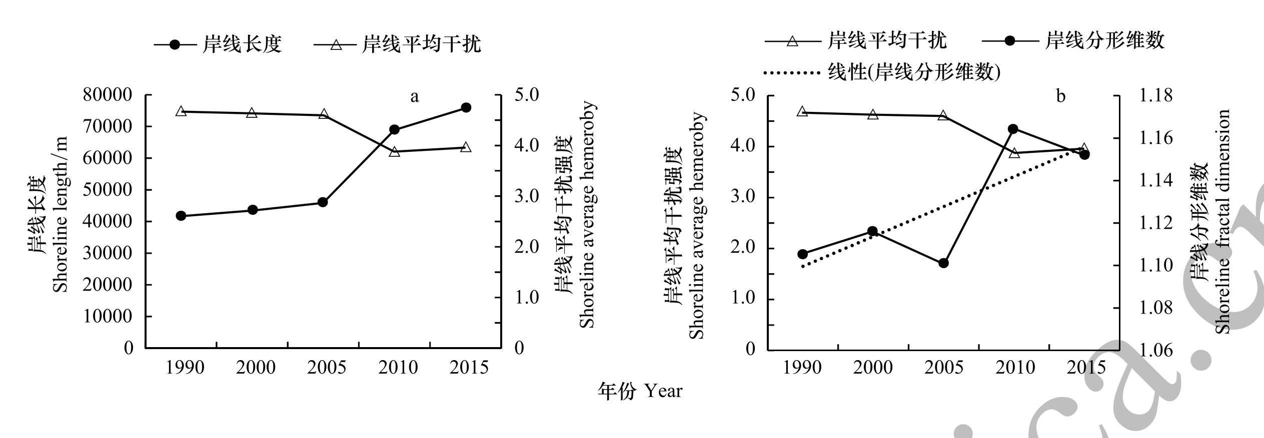


图 8 岸线长度和岸线分形与干扰强度关系

Fig.8 Relationship between Heremoby and the length of coastline(The fractal dimension of the coastline)

a 为岸线长度与干扰强度的关系;b 为岸线分析与干扰强度的关系

营口南部海岸岸线长度增长,岸线长度变化与人为干扰强度呈现明显的负相关(图 8a)。尤其是 2005 年后,营口南部海岸大范围围垦养殖,岸线向海突出,使得人为干扰指数趋于下降,岸线长度急剧增长。而分形维数的变化趋势与人为干扰强度指数的变化也大致呈负相关。其中岸线长度与人为干扰强度的相关性达到了-0.97,岸线分形维数与人为干扰强度的相关性达到了-0.98。表明人类活动越弱,岸线长度变长,岸线的复杂程度越大。

4 结论

(1)自 1990 年到 2015 年期间,围海养殖快速发展导致岸线形态发生了剧烈改变,岸线长度逐年递增,其中 1990—2000 年间岸线年增长速率为 0.52%,2000—2005 年间岸线年增长速率为 0.53%,2005—2010 年间岸线年增长速率突然增大到 4.98%,2010—2015 年间岸线年增长速率降低为 0.96%。岸线长度的变化导致了岸线分形维数的同步变化。

(2)景观格局指数变化表明 1990 年至 2005 年期间整体的景观边界、形状复杂程度与破碎程度都有所增加,而 2005 年至 2015 年期间,景观边界形状的复杂度与破碎度趋于减小,表明景观形状趋于规则化、土地利用趋于均衡化。

(3)从整体变化来看,研究区北部干扰强度指数随着城市化的推进而不断增强;西南部沿海地区由于围垦养殖而出现大量养殖池塘,使得干扰强度指数变低;东部地区 2005 年之前干扰强度指数变化不大,2005 年以后东部地区大部分低效盐田转变为湿地、草地和受围垦围堰池塘致使干扰度指数降低。随着时间变化,干扰强度相对较弱区域的面积和相对较强区域的面积都有所增加,且 2005 年之后增速较快。

(4)人类活动对营口南部海岸的景观格局变化产生了巨大的影响。主要表现在景观形状、景观边界复杂度、景观破碎化程度和景观多样性的变化;研究表明:1990 年到 2005 年间,人类活动逐渐增强,景观边界、形状复杂程度与破碎程度都有所增加,而 2005 年以后人类活动强度下降,景观形状、边界复杂度和破碎化程度也随之变小,景观逐渐趋于规则化。景观 Shannon 多样性指数则与人为干扰强度变化呈反相关,在所选取的评价单元可以看出当人为干扰越大的区域、干扰活动越强,Shannon 多样性指数变小,因此说明人为干扰强度变化也是影响景观格局变化的驱动因素之一。

(5)研究期间,营口南部海岸岸线长度变化与人类干扰度呈反相关,岸线分形变化与人为干扰强度变化也大致呈反相关。相关性分别为-0.97 和-0.98。表明人类活动越弱,岸线长度变长,岸线的复杂程度越大。

参考文献(References):

[1] 王栋, 孙娟, 玉永雄. 我国海岸带生态现状研究进展. 河北渔业, 2007, (9): 10-13.

[2] 王江涛. 海洋功能区划若干理论研究[D]. 青岛: 中国海洋大学, 2011.

[3] 刘伟, 刘百桥. 我国围填海现状、问题及调控对策. 广州环境科学, 2008, 23(2): 26-30.

[4] 韩丕龙. 填海新区海岸带景观生态化建设——以深圳前海合作开发区为例[D]. 济南: 山东大学, 2014.

[5] 许玲. 基于海洋资源价值评估的围填海管理方法研究[D]. 青岛: 中国海洋大学, 2014.

[6] 肖翠, 解雪峰, 吴涛, 蒋国俊, 边华菁, 徐伟. 浙江西门岛湿地景观格局与人为干扰度动态变化. 应用生态学报, 2014, 25(11): 3255-3262.

[7] 梁发超, 刘黎明. 景观格局的人类干扰强度定量分析与生态功能区优化初探——以福建省闽清县为例. 资源科学, 2011, 33(6): 1138-1144.

[8] 孙永光, 李秀珍, 郭文永, 何彦龙, 贾悦. 基于 CLUE-S 模型验证的海岸围垦区景观驱动因子贡献率. 应用生态学报, 2011, 22(9): 2391-2398.

[9] 彭建. 海岸带土地持续利用的景观生态研究——以山东省无棣县为例[D]. 北京: 北京大学, 2002.

[10] Wan R R, Yang G S. Changes of land use and landscape pattern in Taihu Lake Basin. Chinese Journal of Applied Ecology, 2005, 16(3): 475-480.

[11] 吴涛, 赵冬至, 张丰收, 卫宝泉. 基于高分辨率遥感影像的大洋河河口湿地景观格局变化. 应用生态学报, 2011, 22(7): 1833-1840.

[12] Walz U, Stein C. Indicators of hemeroby for the monitoring of landscapes in Germany. Journal for Nature Conservation, 2014, 22(3): 279-289.

[13] Glawion R. Ecosystems and land use. Physical Geography of Germany, 2002, 62: 289-319.

[14] Marks R, Schulte W. Manual and mapping instructions for the geoecological map. Forschungen zur deutschen Landeskunde, 1988, 228, 213-226.

[15] Rüdisser J, Tasser E, Tappeiner U. *Distance to nature*-a new biodiversity relevant environmental indicator set at the landscape level. Ecological Indicators, 2012, 15(1): 208-216.

[16] 刘永超, 李加林, 袁麒翔, 史小丽, 浦瑞良, 杨磊, 卢雪珠. 人类活动对港湾岸线及景观变迁影响的比较研究——以中国象山港与美国坦帕湾为例. 地理学报, 2016, 71(1): 86-103.

[17] 朱明, 濮励杰, 李建龙. 遥感影像空间分辨率及粒度变化对城市景观格局分析的影响. 生态学报, 2008, 28(6): 2753-2763.

[18] 陈爱莲, 朱博勤, 陈利顶, 吴艳华, 孙然好. 双台河口湿地景观及生态干扰度的动态变化. 应用生态学报, 2010, 21(5): 1120-1128.

[19] 索安宁, 王鹏, 袁道伟, 于永海, 张明慧. 基于高空间分辨率卫星遥感影像的围填海存量资源监测与评估研究——以营口市南部海岸为例. 海洋学报, 2016, 38(9): 54-63.

[20] 孙永光, 赵冬至, 吴涛, 卫宝泉, 高树刚, 李媛, 曹芳芳. 河口湿地人为干扰度时空动态及景观响应——以大洋河口为例. 生态学报, 2012, 32(12): 3645-3655.